

ゆっくり地震の諸特徴の動的モデル化

東大 地震研 山下輝夫

ここでは、ゆっくり地震の諸特徴の統一的モデル化を行う。モデルは、Suzuki&Yamashita (2009)と基本的には同じであるので、モデルについては簡単に述べるに留める。断層は、熱多孔質弾性体中に仮定し、媒質は流体で飽和しているものとする。また、断層すべりに伴う発熱、空隙生成を考慮にいれ、ダルシー則で記述される流体拡散を仮定する。発熱は流体圧を上昇させるが、一方、空隙生成は流体圧を低下させる。クーロン摩擦によれば、断層滑りは高压流体により加速されるため、どちらの効果が卓越するかにより、滑りの性質は大きく異なることが予想される。我々の1次元解析の結果により、3つの無次元量 Su , Su' 及び $P0$ により系の定性的振る舞いが決まるということが示され、この予想が正しいことが示されている (Suzuki&Yamashita, 2010)。ここで、 Su は、空隙の生成率に比例するパラメータ、 Su' は浸透率に比例するパラメータである。なお、 $P0$ は初期流体圧に比例する。上記、1次元解析によると、 $Su < P0$ および $Su > P0$ の範囲で、それぞれ、滑り弱化、滑り強化が生じることがわかっている。滑り弱化は発熱が卓越するため、滑り強化は空隙生成が卓越するためである。なお、本研究では、数値手法の高度化により Suzuki&Yamashita(2009)におけるものよりはるかに長時間の計算が可能となった。数値計算により、ゆっくり地震の諸特徴は、 $Su \gg P0$ およびゼロでない Su' の値を仮定することにより再現可能だということがわかった。 $Su \gg P0$ の範囲では、断層の周囲から断層にむけて流体の流入が起きるが、そのような流体拡散は、すべり強化の度合いを低下させ、滑り速度が流体拡散速度に比例するゆっくりとした連続的な滑りを実現する(図1)。しかし、 Su の値がきわめて大きければ、強化の度合いが大きすぎるため破壊成長開始後まもなくして成長が停止する。しかし、破壊成長が停止したとしても、流体は断層への流入を続けるため、いずれ、滑りを励起することになる。すなわち、 Su の値が十分に大きければ、小規模な滑りが間欠的に起きることになる(図2)。これは、微動と同期したゆっくり滑りのモデルと考えられる。計算によれば、 Su の値が大きいくほど、微動のような小規模滑りの頻度は大きいということがわかった。なお、間欠的すべりの計算においては、静止摩擦係数は、接触時間の対数に比例して増大するものとした。さらに、 Su' の値が十分に小さい場合は(浸透率が小さい場合は)、地震モーメントの発展曲線は二つのグループに分離されることがわかった(図3)。計算時間は、実際の現象に比べはるかに短いが、この結果は Ide et al.(2007)における通常地震とゆっくり地震のスケーリング関係の違いについて示唆を与える可能性がある。すなわち、浸透率が十分に小さければ、通常地震とゆっくり地震のモーメントの時間変化に明確な違いが生じうる。

Suzuki&Yamashita(2009),JGR, 115, B02303, doi:10.1029/2009JB006557

Suzuki&Yamashita(2010),JGR, 114, B00A04, doi:10.1029/2008JB006042

図 1

連続的なゆっくりとしたすべりの計算例。縦軸は滑り速度

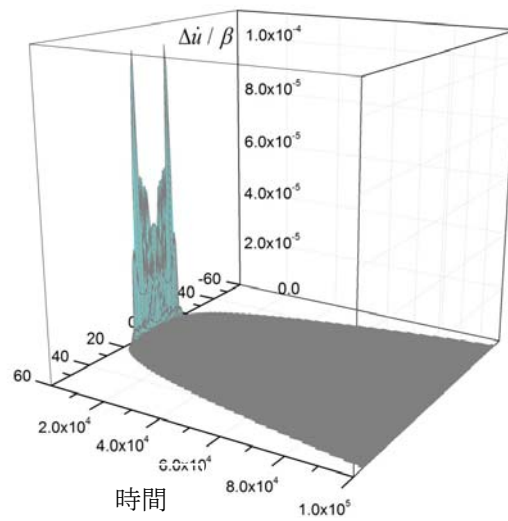


図 2

間欠的なゆっくりとしたすべりの計算例。縦軸は、滑り速度。破壊端の成長速度は、1 秒当たり約 10cm。

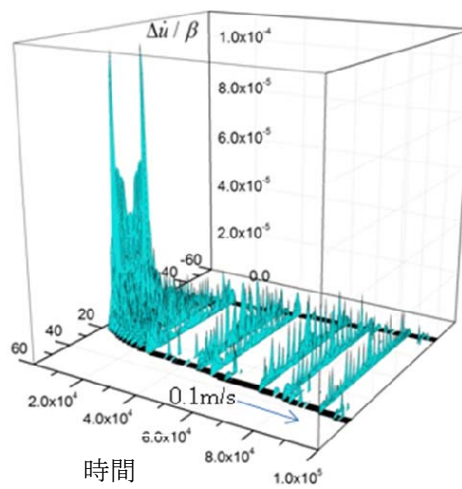


図 3

モーメントの発展曲線。モデルパラメータは、 Su の値。 Su の値が 1 に近い場合は、ふつうの高速地震を表す。

